

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-294877

(43)Date of publication of application : 20.10.2000

(51)Int.Cl.

H01S 5/227

(21)Application number : 11-101341

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 08.04.1999

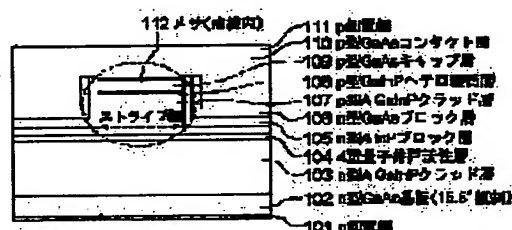
(72)Inventor : TADA KENTARO

## (54) HIGH OUTPUT SEMICONDUCTOR LASER AND MANUFACTURE OF THE SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser applicable to a rewritable optical disk necessitating a laser light source with a high light output, and increased in a kink light output, and decreased in operating currents by keeping heating due to injecting currents low at the time of laser oscillation, and a method for manufacturing this semiconductor laser.

**SOLUTION:** A mesa 112 is formed under the condition of a proper etching gas pressure and a proper substrate temperature by dry etching so that a double heterostructure constituted of at least an active layer 104 and clad layers 103 and 107 interposing this active layer 104 can be formed on a substrate 102 constituted of a zincblende type compound semiconductor whose substrate facial azimuth is inclined from 001. Also, mesa-shaped stripes for operating light closure to a horizontal direction are formed, and the cross section shapes vertical to the stripe directions of the mesa are made symmetrical when viewed with the substrate below so that a semiconductor laser without any sagging at the mesa fringe can be manufactured.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 24.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 26.08.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-294877  
(P2000-294877A)

(43) 公開日 平成12年10月20日 (2000. 10. 20)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 S 5/227		H 0 1 S 3/18	6 6 5 5 F 0 7 3

審査請求 有 請求項の数17 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-101341

(22) 出願日 平成11年4月8日 (1999. 4. 8)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 多田 健太郎

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

(74) 代理人 100096231

弁理士 稲垣 清

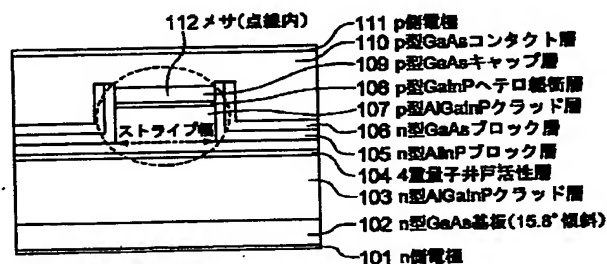
Fターム(参考) 5F073 AA21 AA74 BA04 BA06 CA14  
CB02 DA05 DA22 EA16 EA23  
EA29

(54) 【発明の名称】 高出力半導体レーザ及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高光出力のレーザ光源を必要とする書き換え可能な光ディスクなどへの適用が可能な、キンク光出力が高い半導体レーザとその製造方法を提供する。また、レーザ発振時の注入電流による発熱を低く抑えることで、動作電流が低い半導体レーザとその製造方法を提供する。

【解決手段】 ドライエッチングにより、適当なエッチングガス圧、適当な基板温度の条件下でメサ112の形成を行うことで、閃亜鉛錐型化合物半導体からなる、基板面方位が(001)から傾斜した基板102上に、少なくとも活性層104とそれを挟むクラッド層103、107からなるダブルヘテロ構造を有し、かつ水平横方向の光閉じ込めを行うためのメサ状のストライプを有し、かつ前記メサのストライプ方向に垂直な断面形状が基板を下にして見たときに左右対称であり、メサ裾にだれが無い半導体レーザを製作できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 閃亜鉛錳型化合物半導体からなる、基板面方位が(001)から[110]方向に傾斜した基板上に、少なくとも活性層とそれを挟むクラッド層からなるダブルヘテロ構造を有し、かつ水平横方向の光閉じ込めを行うためのメサ状のストライプを有し、かつ前記ストライプが[-110]方向を向いており、かつ前記メサのストライプ方向に垂直な断面形状が基板を下にして見たときに左右対称であり、メサ裾にだれが無いことを特徴とするリッジストライプ型の半導体レーザ。

【請求項2】 閃亜鉛錳型化合物半導体からなる、基板面方位が(001)面から[110]方向に $15^\circ$ 以上傾斜しているか、 $(11n)A$  ( $1 \leq n \leq 5$ )方向である基板上に、少なくとも活性層とそれを挟むクラッド層からなるダブルヘテロ構造を有し、かつ水平横方向の光閉じ込めを行うためのメサ状のストライプを有し、かつ前記ストライプが[-110]方向を向いており、かつ前記メサのストライプ方向に垂直な断面形状が基板を下にして見たときに左右対称であり、メサ裾にだれが無いことを特徴とするリッジストライプ型の半導体レーザ。

【請求項3】 メサ側面の面方位と基板面方位のなす角度が $80^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項4】 メサ側面の面方位と基板面方位のなす角度が $80^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項2に記載の半導体レーザ。

【請求項5】 閃亜鉛錳型化合物半導体からなる、基板面方位が(001)から[110]方向に傾斜した基板上に、少なくとも活性層とそれを挟むクラッド層からなるダブルヘテロ構造を有し、かつ水平横方向の光閉じ込めを行うためのメサ状のストライプを有し、かつ前記ストライプが[-110]方向を向いており、かつ前記メサのストライプ方向に垂直な断面形状が基板を下にして見たときに左右対称であり、メサ裾にだれが無いことを特徴とする埋め込みヘテロ型の半導体レーザ。

【請求項6】 閃亜鉛錳型化合物半導体からなる、基板面方位が(001)方向から[110]方向に $15^\circ$ 以上傾斜しているか、 $(11n)A$  ( $1 \leq n \leq 5$ )方向である基板上に、少なくとも活性層とそれを挟むクラッド層からなるダブルヘテロ構造を有し、かつ水平横方向の光閉じ込めを行うためのメサ状のストライプを有し、かつ前記ストライプが[-110]方向を向いており、かつ前記メサのストライプ方向に垂直な断面形状が基板を下にして見たときに左右対称であり、メサ裾にだれが無いことを特徴とする埋め込みヘテロ型の半導体レーザ。

【請求項7】 メサ側面の面方位と基板面方位のなす角度が $80^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項5に記載の半導体レーザ。

【請求項8】 メサ側面の面方位と基板面方位のなす角度が $80^\circ$ 以上であることを特徴とする請求項6に記載

の半導体レーザ。

【請求項9】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項1に記載の半導体レーザ。

【請求項10】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項2に記載の半導体レーザ。

【請求項11】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項3に記載の半導体レーザ。

【請求項12】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項4に記載の半導体レーザ。

【請求項13】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項5に記載の半導体レーザ。

【請求項14】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項6に記載の半導体レーザ。

【請求項15】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項7に記載の半導体レーザ。

【請求項16】 活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする請求項8に記載の半導体レーザ。

【請求項17】 請求項1～16のいずれか1項に記載の半導体レーザを製造するに当たり、ドライエッチング法でAlGaInP半導体をエッチングすることでメサ形成を行う際、基板温度を $150^\circ\text{C}$ 以上、エッチングガス圧を $1 \times 10^{-4} \text{ torr}$ 以上かつ $5 \times 10^{-3} \text{ torr}$ 以下にすることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスク装置のピックアップ用光源、その他の電子装置、情報処理装置などに必要な光源として用いられる半導体レーザ、及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】(001)面から[110]方向に傾斜した基板上にドライエッチングによるメサを形成し、半導体レーザを製作した例は次の2例で、いずれもAlGaInP系赤色半導体レーザに関するものである。

【0003】第1の例は多田らが試作したもので、エレクトロニクス・レターズの30巻2035ページに記されている。その断面構造図を図7に示す。同例では、基板面方位が(001)面から、[110]方向に6°傾斜したGaAs基板を用いて製作されている。ドライエッチング後に、ウェットエッチングによるダメージ層除去を行うことで、ウェットエッチングのみでメサ形成を行ったものと同等の動作信頼性を得ている。また、ウェットエッチングのみのときと比べ、左右対称に近いメサ形状を実現しているが、ドライエッチング後にウェットエッチングを行っているため、やや台形状になっており、メサ裾にだれが見られる。

【0004】第2の例は木戸口らにより、ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アブライド・フィジックスの36巻1892ページに記されており、その断面構造図を図8に示す。同例では、基板面方位が(001)面から、[110]方向に傾斜したGaAs基板を用いて製作されているが、基板面方位は明記されていない。ドライエッチング後に、ウェットエッチングによるダメージ層除去を行うことで、光出力25mWでの動作信頼性を得ている。また、左右対称に近いメサ形状も実現しているが、ドライエッチング後にウェットエッチングを行っているため、やや台形状になっており、メサ裾にだれが見られる。

【0005】また、多田らは以前、図9(b)に示すような構造のレーザを試作し、第58回応用物理学学会学術講演会(4a-Zc-6)で発表している。同例は面方位(115)A((001)面から[110]方向に15.8°傾斜)のGaAs基板を用い、ウェットエッチングによってメサ形成を行ったもので、これにより、温度70℃、光出力30mWでの動作信頼性を実現している。面方位(001)に比べ、面方位(115)A((001)面から[110]方向に15.8°傾斜)のGaAs基板を用いたときの長所は、ステップバンチングの抑制により、閾値電流値を下げられることと、自然超格子無秩序化により、発振波長の短波長化が容易であることである。

【0006】また、InP系半導体レーザ、AlGaAs系レーザでは、ドライエッチングを用いてメサ形成を行った例が数多くあり、例えばInP系では特開平7-106704号に埋め込みヘテロ型の例が、AlGaAs系では特開平4-127764号にリッジストライプ型の例が開示されている。これらの系では、通常、傾斜基板が用いられることは少なく、それは面方位が(001)である基板を用いても、前述のステップバンチング、自然超格子の問題が顕著とならないからである。

【0007】尚、InP系半導体レーザの中には、わずかに生じるステップバンチングを抑制するために、(001)面から2°程度傾斜した基板が用いられることもあるが、これらは全てストライプ方向である[-11

0]方向への傾斜である。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】問題点は、半導体レーザのキンク光出力が低くなる、ということである。キンク光出力が小さくなると、高光出力のレーザ光源を必要とする書き換え可能な光ディスクなどへの適用ができなくなる。

【0009】キンク光出力が下がる理由は、導波路ストライプ方向に垂直な断面でのメサ形状が、基板を下にして見たときに左右非対称であることにある。あるいは、左右対称であっても、メサ側面の面方位と基板面方位のなす角度が80°以下であったり、メサ裾にだれがあると、キンク光出力は下がる。通常、メサ形成はSiO<sub>2</sub>膜などをマスクとして、適当なエッチング液で半導体をエッチングすることで行うが、多くのエッチング液の場合、化学的に安定な(111)面が側面となる。

【0010】したがって、面方位が(001)から[110]方向に傾いている傾斜基板に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ウェットエッチングでメサ形成を行うと、基板面とメサ側面のなす角の大きさが、左右で異なったものとなる。また、このとき、浅い角をなしている方のメサ側面はメサ裾が尾を引いたようなだれた形状となりやすい。以上述べた傾向は基板傾斜確度が大きいほど大きい。特に、傾斜角度が15°以上になると、メサ形状の非対称性、メサ裾のだれの問題が顕著になり、いずれも半導体レーザのキンク光出力が低くなる原因となる。

【0011】特に、埋め込みヘテロ型半導体レーザは、メサの中に活性層が含まれるようにするので、リッジストライプ型のレーザに比べ、メサ形成の際のエッチング深さが大きく、台形状メサの上底と下底の差が大きくなる。したがって、ウェットエッチング法を埋め込みヘテロ型半導体レーザのメサ形成に適用すると、リッジストライプ型に比べ、基板傾斜角が小さい場合でも、上記のようなキンク光出力が低いという問題が発生する。

【0012】また、他の問題点は、基板を下にして見たときのメサ断面形状が、下底より上底が小さい台形状であると、上底付近の電気抵抗が大きくなり、電流注入時の発熱が増大するため、高温でのレーザ動作電流値が大きくなってしまふことである。この傾向もエッチング深さが大きいほど、顕著になる。このことも、光ディスクへの応用に不都合である。

【0013】本発明は、前述した事情に鑑みてなされたもので、その目的は、高光出力のレーザ光源を必要とする書き換え可能な光ディスクなどへの適用が可能な、キンク光出力が高い半導体レーザとその製造方法を提供することにある。また、本発明の他の目的は、レーザ発振時の注入電流による発熱を低く抑えることで、動作電流が低い半導体レーザとその製造方法を提供することにある。

## 【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の半導体レーザは、閃亜鉛鋅型化合物半導体からなる、基板面方位が(001)から[110]方向に傾斜した基板上に、少なくとも活性層とそれを挟むクラッド層からなるダブルヘテロ構造を有し、かつ水平横方向の光閉じ込めを行うためのメサ状のストライプを有し、かつ前記ストライプが[-110]方向を向いており、かつ前記メサのストライプ方向に垂直な断面形状が基板を下にして見たときに左右対称であり、かつメサ裾にだれが無いことを特徴とする。

【0015】また、本発明の他の半導体レーザは、閃亜鉛鋅型化合物半導体からなる、基板面方位が(001)面から、[110]方向に $15^\circ$ 以上傾斜しているか、 $(11n)A$  ( $1 \leq n \leq 5$ ) 方向である基板上に、少なくとも活性層とそれを挟むクラッド層からなるダブルヘテロ構造を有し、かつ水平横方向の光閉じ込めを行うためのメサ状のストライプを有し、かつ前記ストライプが[-110]方向を向いており、かつ前記メサのストライプ方向に垂直な断面形状が基板を下にして見たときに左右対称であり、かつメサ裾にだれが無いことを特徴とする。

【0016】また、本発明の他の半導体レーザは、前記特徴に加えて、メサ側面の面方位と基板面方位のなす角度が $80^\circ$ 以上であることを特徴とする。

【0017】また、本発明の他の半導体レーザは、前記特徴のいずれかを有し、さらに活性層又はクラッド層が、GaInP層、AlGaInP層、又はGaInPとAlGaInPからなる量子井戸層を含むことを特徴とする。

【0018】また、本発明の半導体レーザの製造方法は、ドライエッチング法でAlGaInP半導体をエッチングすることでメサ形成を行う際、基板温度を $150^\circ\text{C}$ 以上、エッチングガス圧を $1 \times 10^{-4} \text{ torr}$ 以上かつ $5 \times 10^{-3} \text{ torr}$ 以下にすることを特徴とする。

【0019】一般に、キンク光出力は導波路ストライプの幅が小さい方が大きい。これは、導波路ストライプ幅が小さいと、キンクの発生原因である、水平横方向の高次モードの影響を抑えられるからである。

【0020】図13に種々の異なったメサ形状を有するリッジストライプ型半導体レーザの、ストライプ幅とキンク光出力の関係を表したグラフを示す。1301、1302、1303、1304の曲線はそれぞれ、図1、図10、図9(a)、図9(b)の構造を有する半導体レーザである。図1は基板面方位が(001)面から、[110]方向に $15.8^\circ$ 傾斜した(115)面方位基板上に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ドライエッチングによってメサ形成を行った対称矩形メサを有する本発明の構造、図10は基板面方位が(001)である基板上に[-110]方向を向

いているストライプを設けるために、ウェットエッチングによるメサ形成を行った対称台形メサを有する構造、図9(a)は基板面方位が(001)面から、[110]方向に $10^\circ$ 傾斜した基板上に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ウェットエッチングによるメサ形成を行った非対称台形メサを有する構造、図9(b)は基板面方位が(001)面から、[110]方向に $15.8^\circ$ 傾斜した基板上に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ウェットエッチングによるメサ形成を行った非対称台形メサを有する構造で、図9(b)の構造は図9(a)の構造よりも非対称性が大きい。

【0021】また、今の場合のストライプ幅とは、各国に示したようにメサ底の幅である。どの構造もp、n両クラッド層厚は約 $1.5 \mu\text{m}$ 、活性層はGaInPとAlGaInPからなる4重量子井戸構造で、発振波長は約 $660 \text{ nm}$ となるように井戸層厚、格子歪量を調整してある。グラフからわかるように、キンク光出力は1301、1302、1303、1304の順に大きい。また、非対称性によるキンク光出力低下の程度は1303よりも、1304で大きく見られ、傾斜角が $15^\circ$ 以上のところで、同傾向が強くなることがわかる。

【0022】次に図15にそれぞれの構造を有する半導体レーザの連続発振時光出力が $30 \text{ mW}$ のときの動作電流値を示す。表からわかるように動作電流値は、1301が最も小さい。これは、メサ上部の幅が広いことで、電気抵抗が小さくなり、電流注入時発熱が抑えられているためである。

【0023】次に図14に種々の異なったメサ形状を有する埋め込みヘテロ型半導体レーザの、ストライプ幅とキンク光出力の関係を表したグラフを示す。1401、1402、1403の曲線は、それぞれ、図3、図11、図12の構造を有する半導体レーザである。図3は基板面方位が(001)面から、[110]方向に $15.8^\circ$ 傾斜した(115)面方位基板上に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ドライエッチングによってメサ形成を行った対称矩形メサを有する本発明の構造、図11は基板面方位が(001)である基板上に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ウェットエッチングによるメサ形成を行った対称台形メサを有する構造、図12は基板面方位が(001)面から、[110]方向に $10^\circ$ 傾斜した基板上に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ウェットエッチングによるメサ形成を行った非対称台形メサを有する構造である。基板面方位が(001)面から、[110]方向に $15.8^\circ$ 傾斜した基板上に[-110]方向を向いているストライプを設けるために、ウェットエッチングによるメサ形成を行った非対称台形メサを有する構造は、実施の形態の項で示す理由で作製できない。

【0024】また、今の場合のストライプ幅とは、各図に示したように活性層の幅である。どの構造もp、n両クラッド層厚は約 $1.5\mu\text{m}$ 、活性層はGaInPとAlGaInPからなる4重量子井戸構造で、発振波長は約 $660\text{nm}$ となるように井戸層厚、格子歪量を調整してある。グラフからわかるように、キンク光出力は1401、1402、1403の順に大きい。また、非対称性によるキンク光出力低下の程度は1403で大きく見られ、傾斜角が $10^\circ$ 以上のところで、同傾向が強くなることがわかる。

【0025】次に図16にそれぞれの構造を有する半導体レーザの連続発振時光出力が $30\text{mW}$ のときの動作電流値を示す。表からわかるように動作電流値は、1401が最も小さい。これは、メサ上部の幅が広いことで、電気抵抗が小さくなり、電流注入時発熱が抑えられているためである。

【0026】以上のようにドライエッチングを用いて矩形対称メサを形成することで、半導体レーザのキンク光出力を高め、動作電流値を下げられることがわかる。また、矩形対称メサ構造は、光ディスク用光源として用いられるAlGaInP系赤色半導体レーザにおいて、特に有効である。なぜなら、同半導体レーザは、光ファイバ通信用励起光源などに用いられるAlGaAs系半導体レーザに比べ、キンク光出力が低く、発熱による動作電流増大が大きいためである。

#### 【0027】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。図4は本発明のリッジストライプ型半導体レーザの製作工程を導波路ストライプに垂直な方向から見た断面図である。

【0028】はじめに気相有機金属結晶成長(MOVPE)法により、基板面方位が(001)面から、 $[110]$ 方向に $15.8^\circ$ 傾斜したn型GaAs基板102上に、n型(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層103(厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、GaInP(厚さ $7\text{nm}$ )と(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P(厚さ $4\text{nm}$ )からなる4重量子井戸活性層104、p型(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層107(厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、p型GaInPヘテロ緩衝層108(厚さ $20\text{nm}$ )、p型GaAsキャップ層109(厚さ $0.3\mu\text{m}$ )を積層し、その後、熱CVD法でSiO<sub>2</sub>膜を基板全面に成膜した後、フォトリソグラフィ法により、 $[-110]$ 方向を向いている、幅 $3.5\mu\text{m}$ のSiO<sub>2</sub>ストライプ113を形成する(a)。

【0029】次にSiO<sub>2</sub>ストライプ113をマスクとして、RIE装置を用い、基板温度 $200^\circ\text{C}$ 、ガス圧 $5\times 10^{-4}\text{torr}$ で、塩素プラズマにより、活性層104の上側 $0.3\mu\text{m}$ のところまで半導体のドライエッチングを行い、メサ形成を行う(b)。

【0030】次にMOVPE法で、SiO<sub>2</sub>ストライプ

113をマスクとして、メサ脇を選択的にn型AlInPブロック層105(厚さ $0.3\mu\text{m}$ )、n型GaAsブロック層106(厚さ $0.5\mu\text{m}$ )で埋め込む(c)。

【0031】次に、バッファードフッ酸でSiO<sub>2</sub>ストライプ113を除去し、再びMOVPE法で基板全面にp型GaAsコンタクト層110を積層した後、p側電極111、n側電極101を蒸着法で形成する(d)。

【0032】最後に、レーザ基板を導波路ストライプが中心線となるように、幅 $300\mu\text{m}$ 、共振器長 $600\mu\text{m}$ の個々のチップにへき開すると、図1に示した構造が完成する。

【0033】このようにして製作した半導体レーザの特性を評価したところ、ストライプ幅 $3.5\mu\text{m}$ のときに、キンク光出力は $50\text{mW}$ 、 $15\text{mW}$ 連続発振時の動作電流値は $55\text{mA}$ であった。ちなみに、同様の基板、層構造、ストライプ幅を有する、ウェットエッチングでメサ形成を行った半導体レーザ(図9の構造)のキンク光出力、 $15\text{mW}$ 連続発振時の動作電流値は、それぞれ $30\text{mW}$ 、 $60\text{mA}$ であった。

【0034】図5は本発明の埋め込みヘテロ型半導体レーザの製作工程を導波路ストライプに垂直な方向から見た断面図である。はじめに気相有機金属結晶成長(MOVPE)法により、基板面方位が(001)面から、

$[110]$ 方向に $10^\circ$ 傾斜したn型GaAs基板202上に、n型(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層203(厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、GaInP(厚さ $7\text{nm}$ )と(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P(厚さ $4\text{nm}$ )からなる4重量子井戸活性層204、p型(Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>Pクラッド層207(厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、p型GaInPヘテロ緩衝層208(厚さ $20\text{nm}$ )、p型GaAsキャップ層209(厚さ $0.3\mu\text{m}$ )を積層し、その後、熱CVD法でSiO<sub>2</sub>膜を基板全面に成膜した後、フォトリソグラフィ法により、 $[-110]$ 方向を向いている、幅 $3\mu\text{m}$ のSiO<sub>2</sub>ストライプ213を形成する(a)。

【0035】次にSiO<sub>2</sub>ストライプ213をマスクとして、RIE装置を用い、基板温度 $200^\circ\text{C}$ 、ガス圧 $5\times 10^{-4}\text{torr}$ で、塩素プラズマにより、活性層204の下側 $0.3\mu\text{m}$ のところまで半導体のドライエッチングを行い、メサ形成を行う(b)。

【0036】次にMOVPE法で、SiO<sub>2</sub>ストライプ213をマスクとして、メサ脇を選択的にp型AlInPとn型AlInPの1層ずつからなるAlInPブロック層205(厚さ $0.3\mu\text{m}$ )、n型GaAsブロック層206(厚さ $0.5\mu\text{m}$ )で埋め込む(c)。

【0037】次に、バッファードフッ酸でSiO<sub>2</sub>ストライプ213を除去し、再びMOVPE法で基板全面にp型GaAsコンタクト層210を積層した後、p側電極211、n側電極201を蒸着法で形成する(d)。



【0038】最後に、レーザ基板を導波路ストライプが中心線となるように、幅 $300\mu\text{m}$ 、共振器長 $600\mu\text{m}$ の個々のチップにへき開すると、図2に示した構造が完成する。

【0039】このようにして製作した半導体レーザの特性を評価したところ、ストライプ幅 $3\mu\text{m}$ のときに、キンク光出力は $60\text{mW}$ 、 $15\text{mW}$ 連続発振時の動作電流値は $50\text{mA}$ であった。ちなみに、同様の基板、層構造、ストライプ幅を有する、ウェットエッチングでメサ形成を行った半導体レーザ（図12の構造）のキンク光出力、 $15\text{mW}$ 連続発振時の動作電流値は、それぞれ $40\text{mW}$ 、 $60\text{mA}$ であった。

【0040】図6は本発明の埋め込みヘテロ型半導体レーザの製作工程を導波路ストライプに垂直な方向から見た断面図である。はじめに気相有機金属結晶成長(MOVPE)法により、基板面方位が(001)面から、

[110]方向に $15.8^\circ$ 傾斜したn型GaAs基板302上に、n型(A<sub>1</sub>0.7Ga<sub>0.3</sub>)0.5In<sub>0.5</sub>Pクラッド層303(厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、GaInP(厚さ $7\text{nm}$ )と(A<sub>1</sub>0.7Ga<sub>0.3</sub>)0.5In<sub>0.5</sub>P(厚さ $4\text{nm}$ )からなる4重量子井戸活性層304、p型(A<sub>1</sub>0.7Ga<sub>0.3</sub>)0.5In<sub>0.5</sub>Pクラッド層307(厚さ $1.5\mu\text{m}$ )、p型GaInPヘテロ緩衝層308(厚さ $20\text{nm}$ )、p型GaAsキャップ層309(厚さ $0.3\mu\text{m}$ )を積層し、その後、熱CVD法でSiO<sub>2</sub>膜を基板全面に成膜した後、フォトリソグラフィ法により、[-110]方向を向いている、幅 $3\mu\text{m}$ のSiO<sub>2</sub>ストライプ313を形成する(a)。

【0041】次にSiO<sub>2</sub>ストライプ313をマスクとして、RIBE装置を用い、基板温度 $200^\circ\text{C}$ 、ガス圧 $5\times 10^{-4}\text{torr}$ で、塩素プラズマにより、活性層304の下側 $0.3\mu\text{m}$ のところまで半導体のドライエッチングを行い、メサ形成を行う(b)。

【0042】次にMOVPE法で、SiO<sub>2</sub>ストライプ313をマスクとして、メサ脇を選択的にp型AlInPとn型AlInPの1層ずつからなるAlInPブロック層305(厚さ $0.3\mu\text{m}$ )、n型GaAsブロック層306(厚さ $0.5\mu\text{m}$ )で埋め込む(c)。

【0043】次に、バッファードフッ酸でSiO<sub>2</sub>ストライプ313を除去し、再びMOVPE法で基板全面にp型GaAsコンタクト層310を積層した後、p側電極311、n側電極301を蒸着法で形成する(d)。

【0044】最後に、レーザ基板を導波路ストライプが中心線となるように、幅 $300\mu\text{m}$ 、共振器長 $600\mu\text{m}$ の個々のチップにへき開すると、図3に示した構造が完成する。

【0045】このようにして製作した半導体レーザの特性を評価したところ、ストライプ幅 $3\mu\text{m}$ のときに、キンク光出力は $60\text{mW}$ 、 $15\text{mW}$ 連続発振時の動作電流値は $50\text{mA}$ であった。ちなみに、同様の層構造、スト

ライプ幅の半導体レーザを、ウェットエッチングでメサ形成により作ろうとしたところ、メサの上底部のサイドエッチングにより、SiO<sub>2</sub>ストライプがリフトオフされてしまい、製作できないことがわかった。

【0046】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、高光出力のレーザ光源を必要とする書き換え可能な光ディスクなどへの適用が可能な、キンク光出力が高い半導体レーザを得ることができる。また、本発明によれば、レーザ発振時の注入電流による発熱を低く抑えることで、動作電流が低い半導体レーザを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の構造図である。

【図2】本発明の第2の実施の形態の構造図である。

【図3】本発明の第3の実施の形態の構造図である。

【図4】本発明の第1の実施の形態の製作工程図である。

【図5】本発明の第2の実施の形態の製作工程図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態の製作工程図である。

【図7】従来の形態の構造図である。

【図8】従来の形態の構造図である。

【図9】従来の形態の構造図である。

【図10】従来の形態の構造図である。

【図11】従来の形態の構造図である。

【図12】従来の形態の構造図である。

【図13】本発明の第1の実施の形態の特性を従来の形態のものと比較したグラフである。

【図14】本発明の第2の実施の形態の特性を従来の形態のものと比較したグラフである。

【図15】本発明の第1の実施の形態の特性を従来の形態のものと比較した表である。

【図16】本発明の第2の実施の形態の特性を従来の形態のものと比較した表である。

【符号の説明】

101. n側電極

102. n型GaAs基板

103. n型AlGaInPクラッド層

104. 4重量子井戸活性層

105. n型AlInPブロック層

106. n型GaAsブロック層

107. p型AlGaInPクラッド層

108. p型GaInPヘテロ緩衝層

109. p型GaAsキャップ層

110. p型GaAsコンタクト層

111. p側電極

112. メサ

113. SiO<sub>2</sub>ストライプ

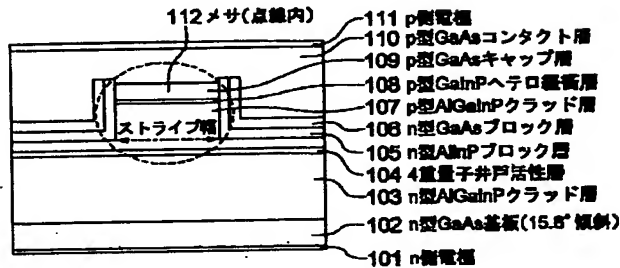
201. n側電極



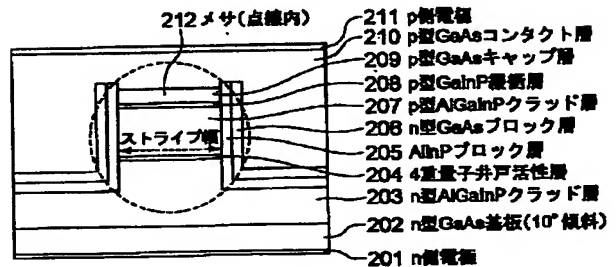
- 202. n型GaAs基板
- 203. n型AlGaInPクラッド層
- 204. 4重量子井戸活性層
- 205. AlInPブロック層
- 206. n型GaAsブロック層
- 207. p型AlGaInPクラッド層
- 208. p型GaInPヘテロ緩衝層
- 209. p型GaAsキャップ層
- 210. p型GaAsコンタクト層
- 211. p側電極
- 213. SiO<sub>2</sub>ストライプ
- 301. n側電極

- 302. n型GaAs基板
- 303. n型AlGaInPクラッド層
- 304. 4重量子井戸活性層
- 305. AlInPブロック層
- 306. n型GaAsブロック層
- 307. p型AlGaInPクラッド層
- 308. p型GaInPヘテロ緩衝層
- 309. p型GaAsキャップ層
- 310. p型GaAsコンタクト層
- 311. p側電極
- 312. メサ
- 313. SiO<sub>2</sub>ストライプ

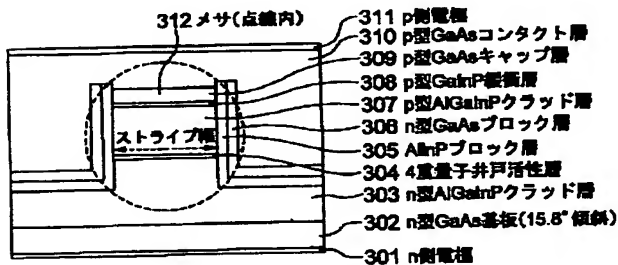
【図1】



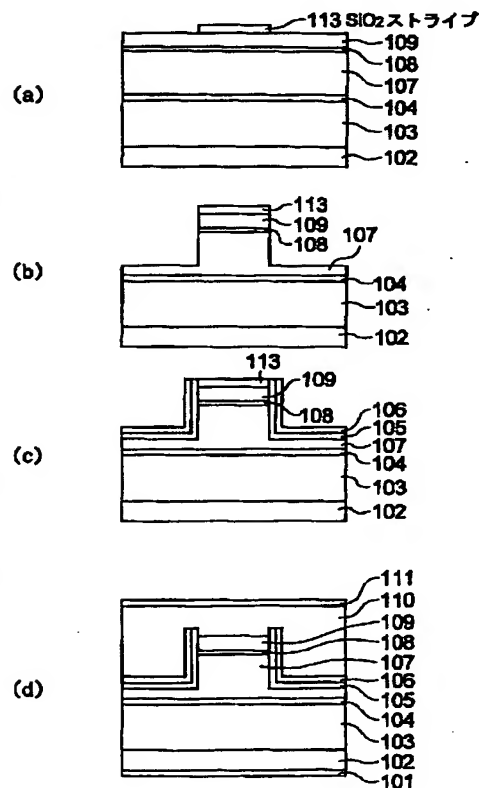
【図2】



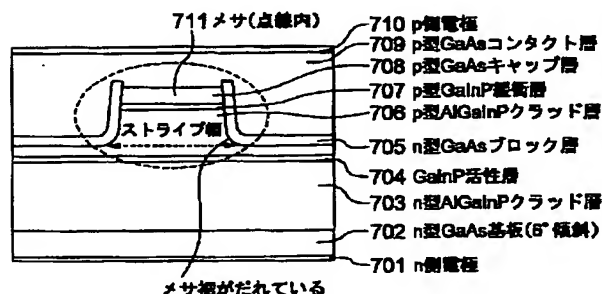
【図3】



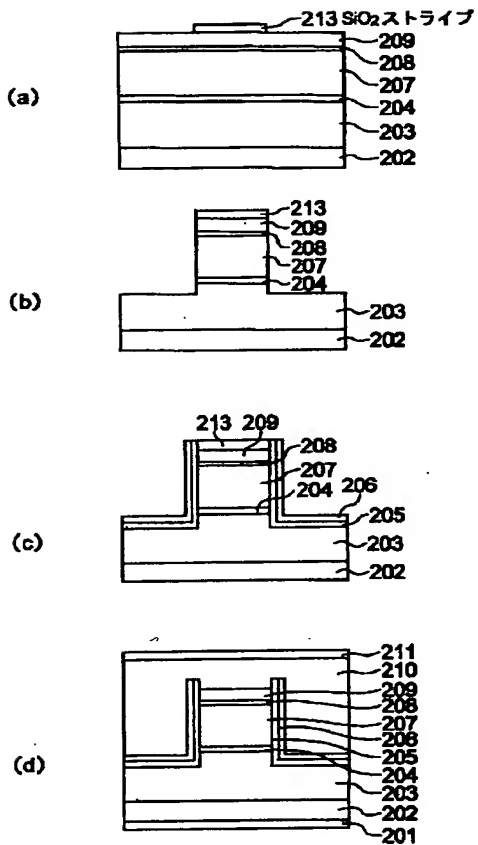
【図4】



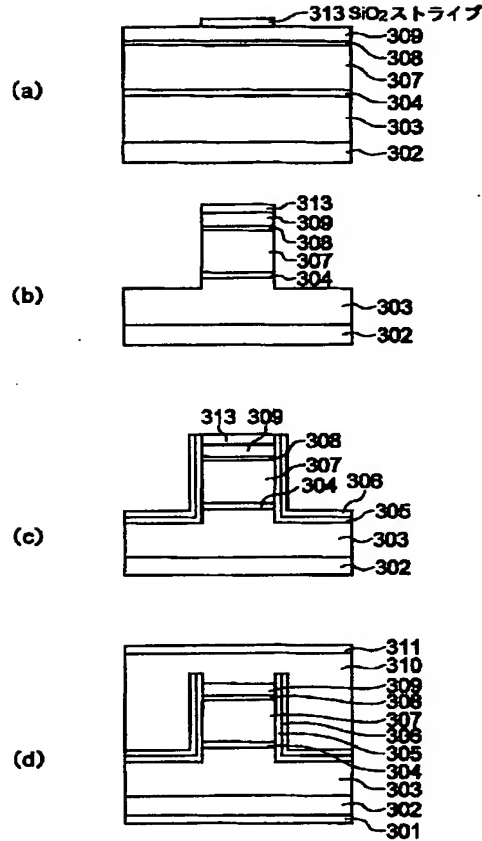
【図7】



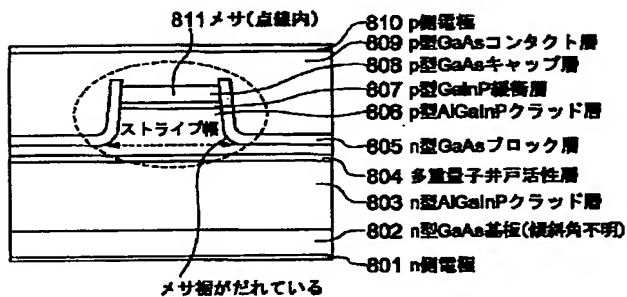
【図5】



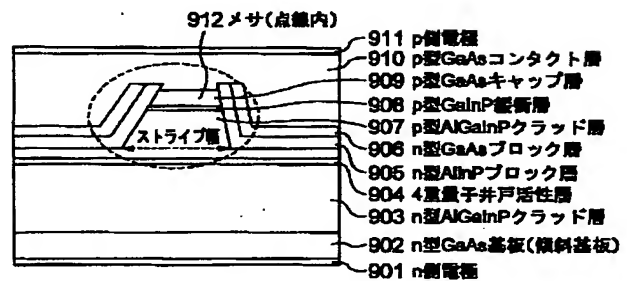
【図6】



【図8】

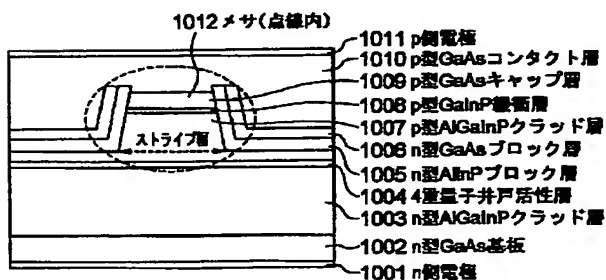


【図9】

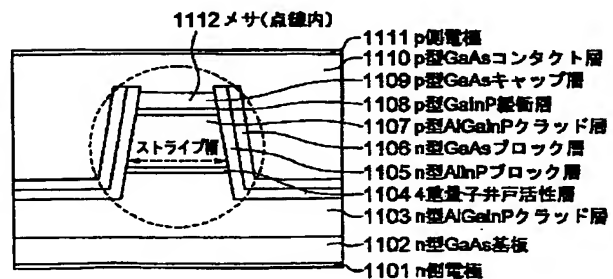


(a) 10° 傾斜基板、(b) 15.8° 傾斜基板

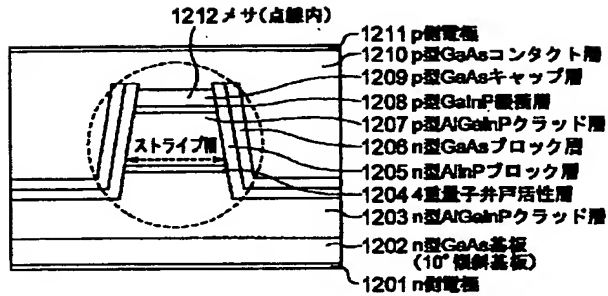
【図10】



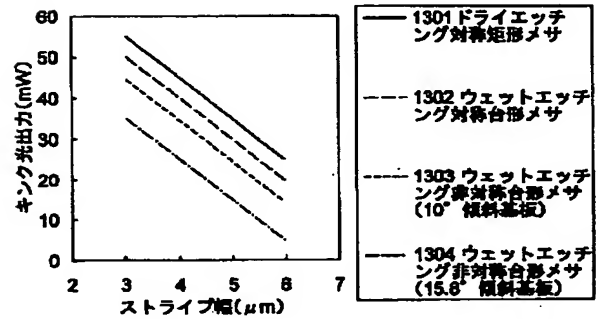
【図11】



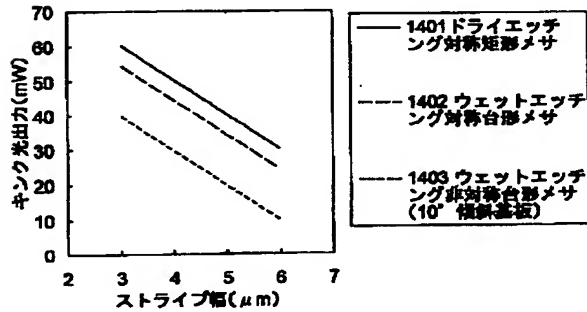
【図12】



【図13】



【図14】



【図15】

構造	15mW発振時動作電流値(mA)
1301 ドライエッチング対称矩形メサ	55
1302 ウェットエッチング台形対称メサ	65
1303 ウェットエッチング台形非対称メサ (10° 傾斜基板)	62
1304 ウェットエッチング台形非対称メサ (15.8° 傾斜基板)	60

【図16】

構造	15mW発振時動作電流値(mA)
1401 ドライエッチング対称矩形メサ	50
1402 ウェットエッチング台形対称メサ	62
1403 ウェットエッチング台形非対称メサ (10° 傾斜基板)	60
1404 ウェットエッチング台形非対称メサ (15.8° 傾斜基板)	レーザ作製できず